

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 196 45 035 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 9/30

21 Aktenzeichen: 196 45 035.7-31  
22 Anmeldetag: 31. 10. 96  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 4. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Averbeck, Robert, Dr., 81371 München, DE; Tews,  
Helmut, Dr., 82008 Unterhaching, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

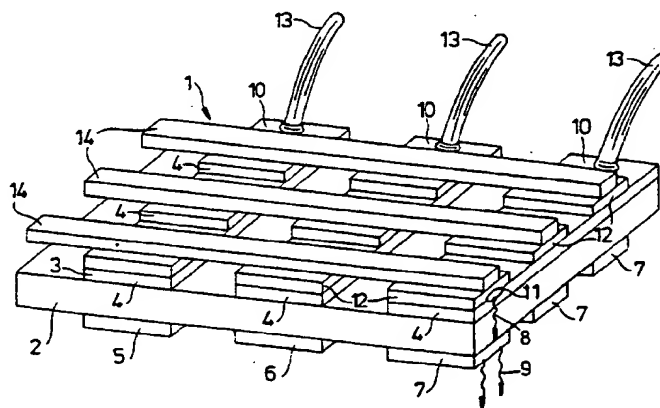
DE 28 20 889 C2  
DD 01 51 828

US-Z.: RAALTE, von: Matrix TV displays: Systems  
and circuit problems, In: IEEE Transactions on  
Consumer Electronic, Vol. CE-21, No. 3,  
August 1975, S. 213-219;

DE-Z.: REUBER, C.: Flachbildschirme... der weite  
Weg zu Nipkows Vision, In: Fernseh- und Kino-  
Technik, 47. Jg., Nr. 4, 1993, S. 231-242;

54 Mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine hochauflösende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung mit einer monolithisch integrierten Anordnung (1). Die monolithisch integrierte Anordnung (1) weist einen durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger (2) auf, auf dessen einer Seite eine vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) ausgebildet ist, wobei auf dem Träger (2) eine Vielzahl von optisch voneinander getrennten, der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) zugeordneten Lumineszenzkonversionselementen (5, 6, 7) mit Leuchtstoffen einer vorbestimmten Farbe aufgebracht ist, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht (8) empfangen, in sichtbares Licht (9) umwandeln und abstrahlen.



DE 196 45 035 C 1

DE 196 45 035 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung. Sie bezieht sich insbesondere auf eine hochauflösende Bildanzeigevorrichtung mit einer monolithisch integrierten Anordnung.

Als Ersatz für die derzeit verwendeten Kathodenstrahlröhren zur hochauflösenden farbigen Anzeige von Bildern werden derzeit Bildanzeigevorrichtungen mit einer monolithisch integrierten Anordnung entwickelt, die mittels Halbleitertechnologie-Fertigungsschritten herstellbar ist und welche wegen einer deutlich verringerten Baugröße völlig neuen Anwendungsbereichen zugeführt werden können, beispielsweise Brillen mit eingebautem Farbdisplay oder dergleichen. Obzwar bereits Leuchtdioden oder dergleichen lichtemittierende Einzel-Halbleiter-Bauelemente, die in unterschiedlichen Farben leuchten, zur Verfügung stehen, bestehen bei der Herstellung von hochauflösenden mehrfarbigen Bildanzeigevorrichtungen erhebliche technologische Schwierigkeiten unter anderem deswegen, da Leuchtdioden für die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau nicht mit einer einheitlichen Epitaxietechnik realisierbar sind. Aufgrund der großen Materialunterschiede der für die Herstellung solcher Displays benötigten, in unterschiedlichen Farben leuchtenden Einzel-Halbleiter-Bauelemente mit den Grundmaterialien GaAsP : N, InGaAlP, InGaAlN ist auch in Zukunft eine Lösung der technologischen Schwierigkeiten nicht zu erwarten. Die derzeit praktizierte Montage verschiedener fertiger Leuchtdioden-Chips auf einem Träger ist mit sehr hohen Kosten und im übrigen auch mit einer nur geringen erreichbaren Auflösung verbunden.

Aus John A. van Raalte, Matrix TV displays: Systems and circuit problems, in: IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. CE-21, No. 3, August 1975, S. 213-219 ist eine mehrfarbiges Licht abstrahlende Plasma-Bildanzeigevorrichtung bekannt, bei der UV-Licht abstrahlende Plasmaelemente mit Photolumineszenz-Phosphoren kombiniert sein können. Darüber hinaus sind Fernsichtbildanzeigevorrichtungen bekannt, bei denen Leuchtdioden in Form einer Matrix angeordnet sind.

Aus C. Reuber, Flachbildschirme . . . der weite Weg zu Nipkows Vision, in: Fernseh- und Kino-Technik, 47. Jahrg., Nr. 4, 1993, S. 231-242 ist eine Fernsichtbildwiedergabevorrichtung nach dem Prinzip der Gasentladungstechnik bekannt. In diesem Zusammenhang ist weiterhin bekannt, daß für eine vollfarbige Wiedergabe die orangerot leuchtende Neon-Argon-Mischung durch eine ultraviolette Strahlung erzeugende Gasmischung ersetzt und das UV mit Leuchtstoffen in die Grundfarben RGB transformiert werden muß.

Aus der DD 01 51 828 ist bekannt, UV-Licht dadurch sichtbar zu machen, daß das ultraviolette Licht Photolumineszenz in einer geeigneten Stelle anregt.

Aus der DE 28 20 889 C2 sind lumineszierende Substanzen aus Oxide von Alkalimetallen, seltenen Erden und Phosphor und deren Verwendung in Kathodenstrahlröhren sowie Vorrichtungen zur Umwandlung von UV-Licht in sichtbares Licht bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine technologisch einfach herzustellende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1 gelöst.

Erfindungsgemäß ist insbesondere vorgesehen, daß die Bildanzeigevorrichtung eine monolithisch integrierte Anordnung mit einem durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger aufweist, auf dessen einer Seite eine vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende

Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung ausgebildet ist, und auf dem eine Vielzahl von optisch voneinander getrennten, der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung zugeordneten Lumineszenzkonversionselementen mit Leuchtstoffen einer vorbestimmten Farbe aufgebracht ist, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht empfangen, in sichtbares Licht umwandeln und abstrahlen.

Anstelle einer vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittierende kann eine blaues Licht emittierende Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung verwendet werden. Der besondere Vorteil einer im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung besteht darin, daß sie keine oder deutlich weniger sichtbare und damit eventuell störende Reststrahlung aus sendet.

Insbildung ist vorgesehen, daß die auf dem Träger aufgetragenen Lumineszenzkonversionselemente abwechselnd mit Leuchtstoffen der drei Grundfarben ausgestattet sind, welche so ausgewählt sind, daß sich bei Bestrahlung insbesondere mit UV-Licht das gesamte sichtbare Spektrum abdecken läßt. Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, daß als Farbstoffe für die in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente  $\text{ZnS} : \text{Ag}$ ,  $\text{ZnS} : \text{Cu}$ ,  $\text{Al}$  bzw.  $\text{ZnCdS} : \text{Ag}$  verwendet werden. Ebenso können als Leuchtstoffe aber auch Phosphore, wie beispielsweise YAG : Ce und andere mit seltenen Erden dotierte Granate, Thiogallate, Aluminate oder Orthosilikate verwendet sein.

Bei einer besonders einfach herzustellenden Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Lumineszenzkonversionselemente auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung abgewandten Seite des Trägers aufgebracht sind.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung eine Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger angeordneten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdioden aufweist, die zur Abstrahlung von Licht im UV-Wellenlängenbereich jeweils einzeln elektronisch ansteuerbar sind. Hierbei kann die Vielzahl der auf dem Träger ausgebildeten Halbleiter-Leuchtdioden oder Laserdioden zeilen- und spaltenweise angeordnet und elektrisch ansteuerbar sein.

Von Vorteil ist vorgesehen, daß der durchsichtige bzw. wenigstens durchscheinende Träger durch ein Saphir-Substrat ausgebildet ist. Das als Substratmaterial von Vorteil zum Einsatz gelangende Saphir ist relativ kostengünstig in großen Flächen verfügbar (typischerweise sind Scheibendurchmesser von drei Zoll und mehr erhältlich) und bietet aufgrund seiner ausgesprochen hohen mechanischen Stabilität die neben den elektronischen Eigenschaften gleichzeitig geforderten mechanischen Eigenschaften.

Von Vorteil kann weiterhin vorgesehen sein, daß das Grundmaterial der monolithisch integrierten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung GaN aufweist. Da das Halbleitermaterial GaN auch für Anwendungen der Leistungselektronik geeignet ist, ermöglicht diese Ausbildung gleichzeitig eine Integration von Leistungstreiberschaltungen oder elektronischen Ansteuerungsschaltungen.

Von Vorteil kann ferner vorgesehen sein, daß die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung eine Schichtenfolge aus Halbleitermaterialien, insbesondere eine Schichtenfolge mit einer aktiven Schicht aus  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$  oder  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  aufweist, die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge kleiner oder gleich 480 nm, insbesondere kleiner oder

gleich 370 nm; aussendet, wobei das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von der Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung ausgesandten, aus einem ersten wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt. Das heißt zum Beispiel, daß das Lumineszenzkonversionselement eine von der Leuchtdiodeneinrichtung ausgesandte Strahlung spektral selektiv absorbiert und im längerwelligen Bereich (im zweiten Wellenlängenbereich) emittiert. Idealerweise weist die von der Leuchtdiodeneinrichtung ausgesandte Strahlung bei einer Wellenlänge von kleiner gleich 370 nm ein Strahlungsmaximum auf. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Bildanzeigevorrichtung liegt auch darin, daß das über Lumineszenzkonversion erzeugte Wellenlängenspektrum und damit die Farbe des abgestrahlten Lichtes nicht von der Höhe der Betriebsstromstärke durch die Halbleiterleuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung abhängt. Dies hat insbesondere dann große Bedeutung, wenn die Umgebungstemperatur des Halbleiter-Bauelementes und damit bekanntermaßen auch die Betriebsstromstärke stark schwankt. Besonders Leuchtdioden mit einem Halbleiterkörper auf der Basis von GaN sind diesbezüglich sehr empfindlich. Außerdem benötigt die erfindungsgemäße Bildanzeigevorrichtung lediglich eine einzige Ansteuerspannung und damit auch nur eine einzige Ansteuerschaltungsanordnung, wodurch der Bauteileaufwand sehr gering gehalten werden kann.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Bildanzeigevorrichtung sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vorteilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik der Bildanzeigevorrichtung optimieren.

Von besonderem Vorteil emittiert die auf der einen Seite des Trägers ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung UV-Licht mit Wellenlängen von kleiner oder gleich 370 nm. Hierbei ist eine vollständige Umwandlung des UV-Lichtes durch die Lumineszenzkonversionselemente nicht erforderlich, da der ultraviolette Anteil nicht zu Farbveränderungen im sichtbaren Spektrum führt. Im übrigen kann durch Versiegeln mit einem UV-undurchsichtigen Lack oder durch eine Montage der Bildanzeigevorrichtung hinter einer Glasscheibe ein gegebenenfalls verbleibender Anteil des ausgesandten UV-Lichtes einfach ausgefiltert werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der (einzigen) Figur, welche in schematischer Darstellung eine hochauflösende, mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung in der Form eines sogenannten True Color Displays zeigt.

Die in der Figur dargestellte Bildanzeigevorrichtung umfaßt eine monolithisch integrierte Anordnung 1, ein sogenanntes Array, bestehend aus einem durchsichtigen bzw. wenigstens durchscheinenden Träger 2 aus einem großflächigem Saphir-Substrat, welches relativ kostengünstig mit Scheibendurchmessern von typischerweise drei Zoll und mehr verfügbar ist, einer auf der einen Seite des Trägers 2 ausgebildeten und aus GaN-Grundmaterial bestehenden Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung 3 mit einer Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger 2 angeordneten, elektronisch einzeln ansteuerbaren, im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden oder -Laserdioden 4, sowie eine Vielzahl von auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung 3

abgewandten Seite des Trägers 2 aufgebrachten Lumineszenzkonversionselementen 5, 6, 7 mit Leuchtstoffen unterschiedlicher Farbe, die das von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung 3 im UV-Wellenlängenbereich emittierte Licht 8 empfangen, in sichtbares Licht 9 umwandeln und wie schematisch dargestellt in einer Richtung quer zur Ebene des Saphir-Substrates 2 abstrahlen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel besitzt jedes Lumineszenzkonversionselement 5 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Rot, jedes Lumineszenzkonversionselement 6 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Grün, und jedes Lumineszenzkonversionselement 7 einen Leuchtstoff der Grundfarbe Blau. Jeweils ein Tripel der Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 stellt somit einen Bildpunkt bzw. Pixel der Bildanzeigevorrichtung dar und ermöglicht die Abstrahlung voll farbiger Bilder, wobei in an sich bekannter Weise vermittels geeigneter Leuchtstoffe für drei Grundfarben das gesamte sichtbare Spektrum dargestellt werden kann. Neben den drei bevorzugt verwendeten Grundfarben Rot, Grün und Blau sind selbstverständlich auch andere geeignete Grundfarben realisierbar, ohne das Grundprinzip der Erfindung zu verlassen. Geeignete Materialien für die Farbstoffe der in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 sind beispielsweise ZnS: Ag, ZnS: Cu, Al und ZnCdS: Ag. Die im UV-Wellenlängenbereich emittierenden Halbleiter-Leuchtdioden 4 umfassen vermittels an sich bekannter Halbleitertechnologie-Fertigungsschritte unmittelbar auf der einen Seite des Trägers 2 streifenförmig strukturierte Spalten 10 aus n-dotiertem GaN-Material, auf denen zur Ausbildung eines pn-Übergangs bzw. UV-Licht erzeugenden Bereiches 11 p-dotiertes GaN-Material 12 zur Ausbildung von Zeilen strukturiert ist. Die elektronische Ansteuerung der einzelnen Leuchtdioden bzw. Laserdioden 4 erfolgt über metallische Spaltenleitungen 13 und Zeilenleitungen 14 in Form von Metallbahnen, welche mit an sich bekannten Halbleitertechnologie-Strukturierungs- und Fertigungsmaßnahmen hergestellt werden, und welche zur Ansteuerung der einzelnen Bildpunkte mit Spalten- und Zeilenadress-Signalen von einer (nicht näher dargestellten) Ansteuerschaltung versorgt werden.

Jedes Lumineszenzkonversionselement kann beispielsweise aus einem transparenten Epoxidharz oder auch Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastrmaterial bestehen, das mit geeigneten organischen oder anorganischen Farbstoffmolekülen versehen ist. Vorteilhafterweise lassen sich insbesondere anorganische Leuchtstoffe in Epoxidharz auf einfache Weise homogen verteilen. Die Lumineszenzkonversionselemente 5, 6, 7 werden in konstanter Stärke und mit gleichen Grundflächen vorzugsweise durch Siebdruck oder andere kostengünstig durchzuführende Verfahren auf den Träger 2 aufgebracht.

Das oben beschriebene Ausführungsbeispiel ist selbstverständlicherweise nicht auf die Verwendung von GaN-Material beschränkt. Es kann auch mit jedem dem Fachmann zur Herstellung von blaue oder ultraviolette elektromagnetische Strahlung emittierenden Halbleiterkörpern als geeignet bekannten Materialsystem realisiert werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 monolithisch integrierte Anordnung
- 2 Träger
- 3 Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung
- 4 Halbleiter-Leuchtdioden oder -Laserdioden
- 5, 6, 7 Lumineszenzkonversionselemente
- 8 emittiertes Licht
- 9 sichtbares Licht

- 10 Spalten
- 11 pn-Übergang
- 12 GaN-Material
- 13 Spaltenleitungen
- 14 Zeilenleitungen

5

# Patentansprüche

1. Mehrfarbiges Licht abstrahlende Bildanzeigevorrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Träger (2) 10 vorgesehen ist, auf dessen einer Seite mindestens eine Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) ausgebildet ist, und daß der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) eine Mehrzahl von optisch voneinander getrennten Lumineszenzkonversionselementen (5, 6, 7) mit Leuchtstoffen unterschiedlicher Farbe zugeordnet ist, die jeweils zumindest einen Teil eines von der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) emittierten Lichtes (8) absorbieren, in sichtbares Licht (9) anderer Wellenlänge umwandeln und abstrahlen, wobei die Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) mit dem Träger (2) als monolithisch integrierte Anordnung (1) ausgebildet ist. 15
2. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung vorzugsweise im UV-Wellenlängenbereich emittiert. 20
3. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (2) durchsichtig bzw. wenigstens durchscheinend ausgebildet ist und daß die Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) auf der der Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) abgewandten Seite des Trägers (2) aufgebracht sind. 25
4. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf dem Träger (2) aufgebrachten Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) abwechselnd mit Leuchtstoffen der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau ausgestattet sind. 30
5. Bildanzeigevorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Farbstoffe für die in den drei Grundfarben Rot, Grün, Blau leuchtenden Lumineszenzkonversionselemente (5, 6, 7) ZnS : Ag, ZnS : Cu, Al bzw. ZnCdS : Ag verwendet wird. 35
6. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die auf der einen Seite des Trägers (2) ausgebildete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) eine Vielzahl von matrixförmig auf dem Träger (2) angeordnete Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdioden (4) aufweist, die jeweils einzeln elektronisch ansteuerbar sind. 40
7. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der durchsichtige bzw. wenigstens durchscheinende Träger (2) durch ein Saphir-Substrat ausgebildet ist. 45
8. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Grundmaterial der monolithisch integrierten Halbleiter-Leuchtdioden- oder -Laserdiodeneinrichtung (3) GaN aufweist. 50
9. Bildanzeigevorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vielzahl der auf dem Träger (2) ausgebildeten Halbleiter-Leuchtdioden oder -Laserdioden (4) zeilen- und spaltenweise angeordnet und elektrisch ansteuerbar sind. 55

65

- Leerseite -

